جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره نوزدهم، پاییز ۱۳۹۵

صص ١٦-١

DOI: 10.22067/geo.v5i3.54395

بازسازی حلقه-درختی بارش شمال شرق ایران با استفاده از گاهشناسی درختان ارس منطقه لاین

مهدی نادی[1]- استادیار هواشناسی کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
کامبیز پورطهماسی- استاد آناتومی چوب و گاه‌شناسی درختی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱۲/۱٦ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۸/۱

چکیده

در این تحقیق، تأثیر دما، بارش و شاخص PDSI بر پهنای دوایر سالانه درختان ارس در منطقه لاین خراسان شمالی بر مبنای داده‌های هواشناسی ایستگاهی و جهانی بررسی شد. سپس بر مبنای گاهشناسی درختان ارس، بارش سالانه منطقه شمال شرق ایران در دوره ۱۸٤۵-۲۰۰۰ بازسازی شد و نتایج بازسازی بارش سالانه با آمار چهار ایستگاه درازمدت بررسی و مطابقت آن با گزارش‌های تاریخی قحطی‌ها بررسی شد. نتایج نشان دادند که پهنای دوایر سالانه درختان ارس منطقه با دمای ماه دسامبر قبل از فصل رشد همبستگی معنادار مثبت ولی با دمای ماه می همبستگی منفی دارند؛ اما بارش در کل دوره رشد تأثیر مثبت بر رشد درختان دارد و بیشترین همبستگی بین بارش سالانه با رشد درختان به دست آمد؛ بنابراین با استفاده از شش نقطه از داده‌های شبکه جهانی، میانگین منطقه‌ای بارش شمال شرق کشور محاسبه و بازسازی شد. نتایج بازسازی بارش نشان دادند کمترین بارش ۱۵۰ سال گذشته در سال ۱۹۱۷ به وقوع پیوست. همچنین سه دوره خشکسالی شدید در دهه ۱۸۷۰، اوایل قرن بیستم و ۱۹۱۹-۱۹۱۵ به وقوع پیوسته است. بارش‌های بازسازی شده همبستگی معناداری با آمار صد ساله ایستگاه‌های مشهد، اصفهان و تهران داشتند. گزارش‌های تاریخی قحطی‌های ایران تطابق بسیار خوبی با خشکسالی شدید بازسازی شده در این تحقیق داشت. مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج محققین در مناطق همجوار نشان داد که نتایج محققین در شرق منطقه (غرب و شمال غرب چین) نسبت به تحقیقات انجام شده در غرب (ترکیه و خاورمیانه) تطابق بهتری دارد.

کلیدواژه‌ها: حلقه درخت، داده‌های جهانی، ارس، بارش شمال شرق، لاین

---

۱ نویسنده مسئول: ۳۳٦۸۷٦۷۱-۰۱۱ Email: mehdi.nadi@gmail.com

۱. مقدمه

عدم وجود داده‌های بلندمدت آب‌وهوایی چالشی مهم در درک پدیده‌های آب‌وهوایی درازمدت در مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی است. با توجه به شروع تأسیس ایستگاه‌های هواشناسی در سال ۱۹۵۱ در ایران، در بهترین حالت به ٦۵ سال داده آب‌وهوایی می‌توان دست یافت. درحالی‌که بسیاری از پدیده‌های حدی هواشناسی مانند ترسالی و خشکسالی‌های شدید ممکن است در دوره‌های طولانی‌تر خود را بروز دهند. یکی از راه‌های موجود برای طولانی سازی داده‌های هواشناسی در دنیا استفاده از نماینده‌های اقلیمی متأثر از شرایط آب‌وهوایی است که در گذشته وقایع آب‌وهوایی را ثبت نموده و امکان اندازه‌گیری از آن‌ها در زمان حال وجود دارد مانند نمونه‌گیری از یخچال‌ها، رسوبات دریاچه‌ای، مرجان‌های اقیانوسی، گرده‌های نباتی و حلقه‌های درختان. در بین روش‌های موجود برای بازسازی آب‌وهوای گذشته حلقه‌های درختان به دلیل ثبت حلقه‌های سالانه و تاریخ‌گذاری دقیق حلقه‌ها و همچنین موجود بودن در اقلیم‌های مختلف دنیا روش مطمئن و مرسوم‌تری در بین سایر روش‌های بازسازی اقلیم گذشته است (یانگ[1] و همکاران، ۲۰۱٤: ۲۹۰٤). تحلیل نوسانات حلقه‌های درختی بازسازی سالانه و چند صد ساله تاریخ اقلیم را امکان‌پذیر می‌سازد (شواین گروبر[2]، ۱۹۸۸: ۵۵). این داده‌ها که از مناطق جنگلی که آب‌وهوا مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد درختان است تهیه شده و می‌تواند به‌عنوان ابزاری سودمند برای طولانی سازی سری بلندمدت پدیده‌های تاریخی مانند خشکسالی‌ها باشد (فریتس[3]، ۱۹۷٦: ۸۳). در زمینه بازسازی حلقه درختی داده‌های هواشناسی، مطالعات زیادی در جهان انجام شده است. فلات تبت و مونسون آسیایی در تأمین نیاز آبی بیش از نیمی از جمعیت جهان نقش دارد (باکلی[4] و همکاران، ۲۰۰۷: ٦۵) و به دلیل اهمیت آن بسیار مورد توجه محققین بوده و مطالعات زیادی در زمینه نوسانات درازمدت اقلیم منطقه مونسون انجام شده است. (اسپر[5]، ۲۰۰۰، شپارد[6] و همکاران، ۲۰۰٤، براونینگ[7]، ۲۰۰٦، لی[8] و همکاران، ۲۰۰٦، تیان[9] و همکاران، ۲۰۰۷، فن[10] و همکاران، ۲۰۰۸، یانگ و همکاران، ۲۰۰۹، هه[11] و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین کوک[12] و همکاران (۲۰۱۰: ٤۸۸) با استفاده از ۳۲۷ گاهشناسی درختی در شرق و جنوب شرق آسیا به تهیه اطلس خشکسالی‌های مونسون آسیایی (MADA) و تغییرات مکانی–

1 Yang
2 Schweingruber
3 Fritts
4 Buckley
5 Esper
6 Sheppard
7 Bräuning
8 Li
9 Tian
10 Fan
11 He
12 Cook

زمانی خشکسالی‌های بسیار شدید در هزاره قبل پرداختند و ارتباط آن را بـا الگوهـای چـرخش آتمسـفری بـه دسـت آوردند. در اروپا مطالعات بسیاری در بازسازی گذشته اقلیم انجام شده اسـت. بـه‌عنـوان مثـال دوبرولنـی[1] و همکـاران (۲۰۱۵: ١٤٦٢) با استفاده از ۳۱۹٤ نمونه از درختان بلوط زنده، تاریخی و فسیلی در جمهوری چک فراوانـی و شـدت پدیده‌های آب‌وهوایی را از سال ٧٦١ میلادی تا قرن حاضر بازسازی نمودند. در رومـانی لوانیـک[2] و همکـاران (۲۰۱۳: ۷۱۰) خشکسالی‌های تاریخی در ۳۹٦ سال گذشته را بازسازی نمودند ایشان در نتایج خود دو سـال بسـیار خشـک را در سال‌های ۱۷۲۵ و ۱۷۸۲ برای اولین بار بازسازی نمودند؛ درحالی‌که قبلاً در هـیچ یـک از منـابع تـاریخی بـه آن‌هـا اشاره‌ای نشده بود. در جنوب شرق سوئد نیز سفتیگن[3] و همکاران (۲۰۱۲: ٢٤٥٤) شاخص بارندگی استاندارد ژوئـن-ژوئیه را در دوره ۲۰۰۲-١٦٥٠ بازسازی کردند و دریافتند منطقه مورد مطالعـه در قـرن ۱۸ و ۱۹ بـه ترتیـب دوره‌هـای مرطوب و خشک را تجربه کرده است. بخش قابل توجهی از مطالعات انجام شده در اروپـا بـر روی رشـته کـوه‌هـای آلپ انجام شده است (بـونتگن[4] و همکـاران، ۲۰۰۵: ۱۵۰، ابرهـابر و کـوفلر[5]، ۲۰۰۰: ۲۳۵). بـه‌عنـوان مثـال کـاپلا[6] و همکاران (۲۰۱۳: ۲۱۷) در یکی از بزرگ‌ترین مناطق کوهستانی یخچالی ایتالیا در کوه‌های آلـپ مرکـزی دمـای فصـل تابستان (ژوئن-اوت) را در دوره ۲۰۰۸-١٦١٠ بازسازی نمودند. نتایج این محققین عصر یخبندان کوچـک و همچنـین افزایش دماهای تابستان طی دهه‌های اخیر (پس از ۱۹۷۰) را به خوبی نشان داد. همچنین بـونتگن و همکـاران (۲۰۱۱: ۵۸۰) دما و بارش را در ۲۵۰۰ ساله گذشته در سه منطقه اروپا بازسازی کردند. بررسی همزمـان مسـتندات تـاریخی بـا نتایج بازسازی نشان داد که دوره مهاجرت در اروپا (250AD-550AD) که در آن نابسامانی‌هـای سیاسـی، اجتمـاعی و اقتصادی زیادی بوجود آمد مقارن با نوسانات شدید و استثنایی تغییرات اقلیمی بوده است. همچنین ایشان دریافتنـد کـه نوسانات اخیر شرایط آب‌وهوایی در اثر تغییر اقلیم انسانی شبیه نوسانات طبیعی اقلیمی در عصر مهاجرت اروپـا اسـت. در زمینه بازسازی گذشته اقلیم در حوزه مدیترانه نیز چندین مطالعه (عمدتاً در ترکیه) به انجام رسیده اسـت. توخـان[7] و همکاران (۲۰۰۵: ٣٤٨) با استفاده از چهار گاهشناسی از درختان ارس در جنوب غربی و جنوب ترکیـه، شـاخص SPI را در دوره ۱۹۹۸-۱۲۵۱ بازسازی کردند. در مطالعه دیگری توخان و همکاران (۲۰۰۷: ۱۹۹) بارش مـی-ژوئـن هـزاره قبل را در جنوب غرب آناتولی بازسازی نمودند. نتایج ایشان نشان داد کـه دوره‌هـای ۱۵۸۷-۱۵۱۸ و ١٢٦٤-١١٩٥ بـه ترتیب مرطوب‌ترین و خشک‌ترین دوره‌ها در دوره بازسازی بود. در غرب منطقه آنـاتولی ترکیـه، کوسـه[8] و همکـاران

---

1 Dobrovolný
2 Levanič
3 Seftigen
4 Büntgen
5 Oberhuber and Kofler
6 Coppola
7 Touchan
8 Köse

(۲۰۱۱: ٤٤٥) به منظور تعیین گستره مکانی دوره‌های تر و خشک، ۳۱ گاهشناسی از درختان کاج تهیه نموده و بارش منطقه را در ۲۱۵ سال گذشته بازسازی کردند. نتایج بازسازی ایشان نشان داد که بیشتر خشکسالی‌ها یک یا دو ساله بوده و تنها یک خشکسالی چهار ساله متوالی (۱۹۲۸–۱۹۲۵) در یکی از ایستگاه‌ها به وقوع پیوسته است. در مورد بازسازی دما نیز هینریش[1] و همکاران (۲۰۱۳: ۱٦۹۸) با اندازه‌گیری ایزوتوپ پایدار کربن ۱۳ (C۱۳) موجود در درختان ارس جنوب غرب ترکیه دمای ژانویه – میرا در ۲۰۰٦–۱۰۲۲ بازسازی کردند. نتایج بازسازی ایشان پدیده-های حدی و با فراوانی وقوع کم مانند عصر یخبندان کوچک و دوره گرم قرون وسطی را به خوبی نشان دادند اما روند صعودی دمای برآمده از بیشتر تحقیقات را نشان نداد. در خاورمیانه می‌توان به مطالعات انجام شده در بازسازی بارش جنوب اردن (توخان و همکاران، ۱۹۹۹: ۵۵)، بازسازی بارش در شمال غرب تونس توسط توخان و همکاران (۲۰۰۸: ۱۸۹۳) و مطالعات عزیزی و همکاران (۲۰۱۳: ۱۰۰)، ارسلانی و همکاران (۱۳۹۱: ۱۰۷) و عزیزی و همکاران (۱۳۹۱: ٦۲) در بازسازی بارش و دمای بیشینه در غرب ایران اشاره نمود. در ایران، بیشتر مطالعات انجام شده صرفاً به بررسی ارتباط بین پهنای دوایر سالانه درختان با عوامل هواشناسی پرداخته‌اند (پورطهماسی و همکاران، ۱۳۸۸، بالاپور و همکاران، ۱۳۸۹، نجفی و همکاران، ۱۳۹۱، نادی و همکاران، ۱۳۹۲،۱۳۹٤). در زمینه بازسازی متغیرهای هواشناسی مطالعات محدودی در غرب کشور انجام شده است (عزیزی و همکاران، ۲۰۱۳، ارسلانی و همکاران، ۲۰۱٤، نادی و همکاران، ۲۰۱۵).

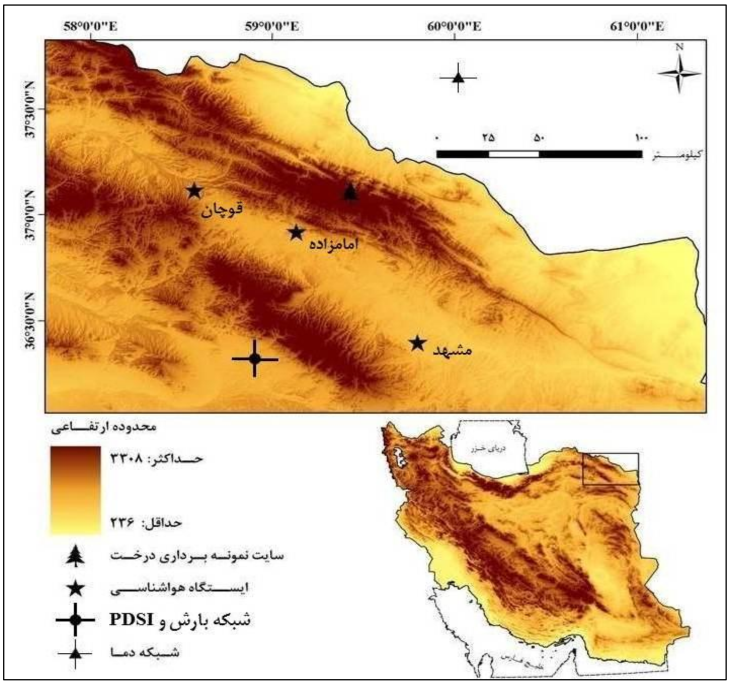
بر اساس اطلاعات نگارندگان تا کنون مطالعه‌ای در زمینه بازسازی حلقه-درختی متغیرهای هواشناسی در شرق ایران انجام نشده است. با توجه به اهمیت داده‌های درازمدت بارش مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک شرق ایران و همچنین فقدان مطالعات اقلیم‌شناسی درختی در این منطقه انجام این تحقیق ضروری بنظر می‌رسد. هدف از این مطالعه بازسازی حلقه-درختی بارش از روی گاهشناسی درختان ارس منطقه هزار مسجد واقع در شمال شرق ایران می‌باشد.

۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در رشته کوه هزار مسجد در شهرستان لاین خراسان شمالی واقع شده است. با توجه به اینکه گونه غالب این منطقه درختان ارس گونه *Juniperus polycarpus* بوده که نسبت به تغییرات آب‌وهوایی حساس بوده و دیر زیستی زیادی دارد گاهشناسی آن تهیه گردید. محل سایت نمونه‌برداری در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۱۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). اقلیم این منطقه در سیستم دومارتن گسترش یافته (رحیمی و همکاران، ۲۰۱۳: ٤۱۳) نیمه خشک سرد است. درختان این منطقه تحت تأثیر نفوذ توده هوای پرفشار و سرد سیبری از شمال شرق و توده هوای مرطوب شمال غربی از

1 Heinrich

سمت دریای سیاه و همچنین توده‌های جنوب غربی و عبوری از بخش مرکزی ایران هستند که مجموعاً رطوبت مناسبی را در فصول زمستان و بهار به منطقه تزریق می‌کنند.



شکل ۱. نمایش سایت نمونه برداری درختی، ایستگاه‌های هواشناسی و نزدیک‌ترین نقاط از شبکه جهانی به سایت نمونه‌برداری در منطقه لاین خراسان شمالی

۳. مواد و روش‌ها

داده‌های حلقه-درختی و داده‌های هواشناسی

در این تحقیق از گاهشناسی درختان ارس به دست آمده توسط پورطهماسی و همکاران (۲۰۰۷: ۳۱) استفاده شد. به دلیل منطقه حفاظتی بودن ارس در منطقه لاین امکان نمونه‌برداری گسترده فراهم نبود؛ بنابراین تعداد ۱۶ نمونه مته رویش سنج از ۸ درخت سالم برداشت گردید. تطابق زمانی بین نمونه‌ها توسط نرم افزار TSAP انجام شد که نمونه-ها تطابق بسیار خوبی نشان دادند. برای از بین بردن گرایشات رویشی نمونه‌ها از روش روند زدایی مضاعف[1] با نرم افزار ARSTAN استفاده شد. در این روش ابتدا با روش نمایی منفی یا خط مستقیم داده‌های خام استاندارد می‌شوند سپس شاخص‌های به دست آمده با تابع اسپلاین مکعبی روند زدایی شدند. همچنین مقدار EPS[2] از سال ۱۸۶۰ به

1 Double de-trending procedure
2 Expressed Population Signal

بالاتر از حد مورد نیاز (۰/۸۵) به دست آمد. در این تحقیق از دو دسته داده هواشناسی برای بررسی ارتباط اقلیم و رشد درختان شامل: داده‌های ایستگاهی دما و بارش مربوط به سه ایستگاه هواشناسی مجاور به سایت نمونه‌برداری (مشهد، قوچان، امامزاده) از سازمان هواشناسی کشور و وزارت نیرو و همچنین داده‌های شبکه جهانی تحلیل مجدد از شبکه NCEP-NCAR در دوره آماری ۲۰۰۰–۱۹۴۹ استفاده شد؛ که این داده‌ها از سایت مرکز ملی مطالعات جوی و اقیانوسی ایالات متحده (NOAA) قابل تهیه می‌باشد. این مرکز متغیرهای اصلی هواشناسی کل کره زمین را در یک شبکه منظم به ابعاد ۲/۵*۲/۵ درجه در اختیار کاربران قرار می‌دهد. داده‌های مورد استفاده از این مرکز شامل دما، بارندگی و شاخص خشکسالی PDSI می‌باشد. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه، سایت نمونه‌برداری درختی، ایستگاه‌های هواشناسی و نزدیک‌ترین نقاط شبکه به سایت نمونه‌برداری نشان داده شده است.

واسنجی و ارزیابی معادله بازسازی شاخص خشکسالی

قبل از شروع بازسازی باید متغیرهای هواشناسی تأثیر گذار بر رشد درختان تعیین گردد؛ بنابراین همبستگی پهنای دوایر سالانه درختان با داده‌های هواشناسی از چند ماه قبل تا انتهای فصل رشد محاسبه شد. پس از تعیین فاکتور هواشناسی مناسب، با استفاده از یک رابطه رگرسیون خطی ساده و گاهشناسی موجود متغیر هواشناسی مورد نظر در دوره فاقد ثبت داده هواشناسی بازسازی می‌گردد؛ اما قبل از آن برای درک قدرت معادله بازسازی، باید معادله واسنجی و ارزیابی گردد. برای این منظور کل دوره آماری به دو دوره مساوی تقسیم شد و در یکی از دوره‌ها پارامترهای معادله بازسازی برآورد و سپس با استفاده از پارامترهای برآورد شده معادله بازسازی در دوره دیگر ارزیابی گردید (کوک و کریکتیس[1]، ۱۹۹۰: ۷٤). همچنین به روش ارزیابی متقاطع[2] نیز بازسازی‌ها در کل دوره ارزیابی شدند. آزمون‌های مورد استفاده برای ارزیابی معادله بازسازی شامل: ضریب همبستگی پیرسون (*r*)، آزمون علامت[3] (*ST*)، آماره ضریب کارایی[4] (*CE*) و کاهش خطا[5] (*RE*) می‌باشند (فریتس، ۱۹۷٦: ۲۵٦). هر چقدر مقدار آماره‌های ***RE*** و ***CE*** به عدد یک نزدیکتر باشند نشان دهنده قدرت بالای معادله بازسازی دارند البته هر مقدار مثبت این شاخص‌ها اعتبار کافی مدل را نشان می‌دهند. آزمون ***ST*** نشان دهنده تعداد برآوردهای درست به نادرست بوده که چنانچه تعداد برآوردهای نادرست از حداکثر مجاز آن در سطح ٪۹۵ کمتر باشد، بازسازی‌ها قابل قبول است. پس از انجام بازسازی سال‌های نمادین مثبت و منفی با شاخص *Zscore* تعیین شد و نتایج بازسازی با نتایج محققین در کشورهای مجاور و

1 Kairiukstis
2 Cross Validation
3 Sign Test
4 Coefficient of Efficiency
5 Reduction Error

همچنین با گزارش‌های تاریخی موجود مقایسه گردید. همچنین نتایج این تحقیق با داده‌های چهار ایستگاه هواشناسی باران‌سنجی با آمار درازمدت ۱۰۰ ساله در ایران شامل مشهد، تهران، اصفهان و بوشهر مقایسه شد.

٤. بحث و نتایج

تحلیل اقلیم-رشد

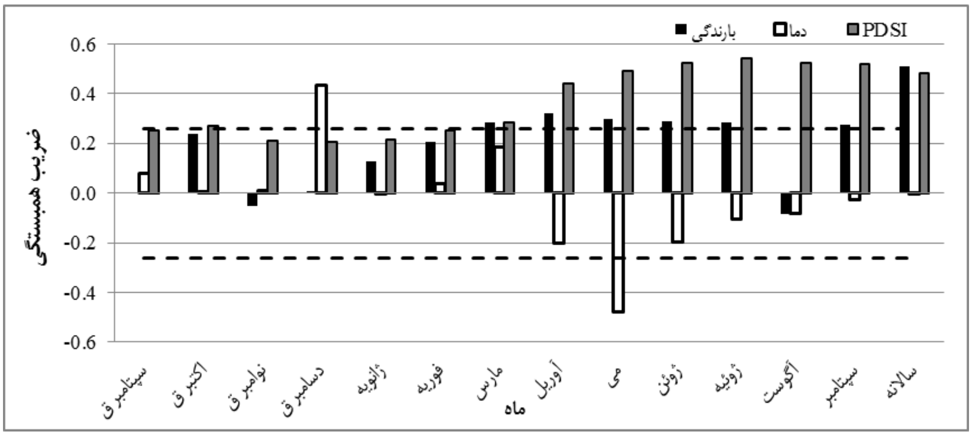
نتایج همبستگی بین پهنای دوایر سالانه درختان ارس منطقه و دما و بارش ماهانه ایستگاهی در جدول ۱ نشان داده شده است. الگوی تأثیر بارش بر رشد درختان ارس تقریباً در همه ایستگاه‌ها مشابه بوده و بارش سه ماه قبل تا انتهای دوره رشد تأثیر مثبت دارد که البته تأثیر بارش ماه‌های آوریل (فروردین) و می (اردیبهشت) حداکثر و معنادار است. معنادارترین ضریب همبستگی مربوط به بارش سالانه (مجموع اکتبر (مهر) قبل از رشد تا سپتامبر (شهریور) فصل رشد) ثبت شده در همه ایستگاه‌ها است. در مورد بررسی تأثیر دما نتایج جدول نشان می‌دهد که دمای حدوداً سه ماه قبل از شروع رشد تأثیر مثبت و معنادار دارد ولی افزایش دما در ماه‌های ابتدایی رشد تأثیر منفی دارند که تأثیر دمای ماه می معنادار منفی است اما بنظر دمای متوسط سالانه تأثیر معناداری بر رشد درختان ارس این منطقه ندارد.

جدول ۱. ضرایب همبستگی عرض حلقه‌های سالانه درختان ارس منطقه لاین با دما و بارش ماهانه

	بارش			دما	
	مشهد	قوچان	امامزاده	مشهد	قوچان
سپتامبر ق	-۰/۰۶	۰/۲۸	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۰۲
اکتبر ق	۰/۳۰	۰/۰۶	۰/۳۷	۰/۱۴	-۰/۱۳
نوامبر ق	۰/۱۳	-۰/۴۵	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۱۱
دسامبر ق	-۰/۰۳	-۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۴۶**	۰/۵۰*
ژانویه	۰/۱۷	۰/۳۲	۰/۲۳	-۰/۰۳	-۰/۳۶
فوریه	۰/۲۱	۰/۴۱	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۰۰
مارس	۰/۰۸	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۰۰
آوریل	۰/۲۶	۰/۵۶*	۰/۳۸*	-۰/۱۲	-۰/۲۵
می	۰/۴۱**	۰/۳۹	۰/۴۴*	-۰/۵۶**	-۰/۵۱*
ژوئن	۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۲۴	-۰/۱۴	۰/۰۷
ژوئیه	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۰۰	-۰/۰۵	-۰/۱۶
اوت	۰/۰۱	-۰/۲۱	-۰/۰۱	-۰/۰۸	-۰/۱۶
سپتامبر	-۰/۰۲	-۰/۲۵	-۰/۲۳	۰/۰۳	-۰/۲۲
سالانه	۰/۴۶**	۰/۵۷*	۰/۵۱**	۰/۰۵	-۰/۱۹

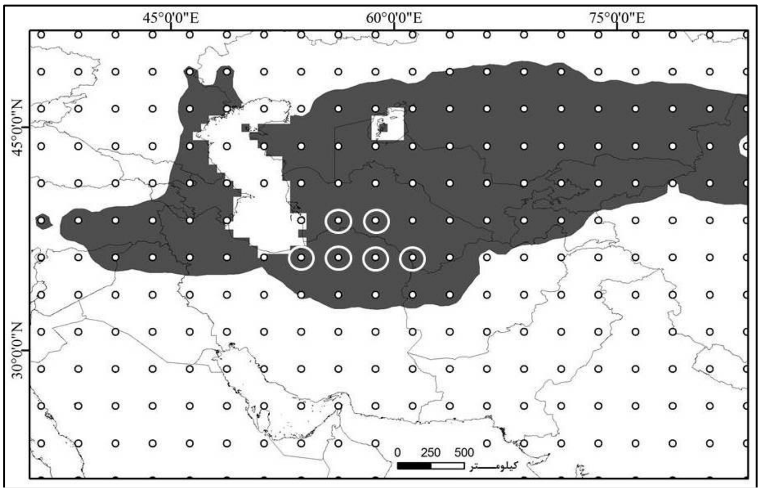
$P<0.01$:** $P<0.05$:*

علاوه بر داده‌های ایستگاهی، همبستگی رشد درختان ارس بـا داده‌هـای جهـانی دمـا، بـارش و *PDSI* حاصـل از نزدیک‌ترین نقطه از شبکه جهانی نقاط (شکل ۱) نیز مورد بررسی قرار گرفـت، کـه نتـایج آن در شـکل ۲ ارائـه شـده است. نتایج این نمودار شباهت زیادی به نتایج همبستگی حاصل از داده‌های ایسـتگاهی منـدرج در جـدول ۱ دارد بـه این صورت که نزولات جوی در ماه‌های قبل و بالاخص بارش‌های دوره رشد تأثیر مثبت و معنادار بـر رشـد درختـان این منطقه دارند. همچنین، داده‌های جهانی دما نیز همانند داده‌های ایستگاهی تأثیر مثبت و معنادار دمای دسـامبر قبـل از رشد و تأثیر منفی و معنادار ماه می دوره رشد و عدم همبستگی با میانگین سالانه دما را به خـوبی نشـان مـی‌دهنـد. در مورد همبستگی *PDSI* با عرض حلقه‌های سالانه درختان ارس نیز می‌توان گفت که افزایش رطوبت خـاک از ابتـدا تـا انتهای فصل رشد تأثیر مثبت و معنادار بر رشد درختان ارس منطقه دارد.



شکل ۲. همبستگی عرض حلقه‌های سالانه درختان ارس با متغیرهای دما، بارش و PSDI بر مبنای شبکه جهانی نقاط

در بررسی ارتباط رشد درختان ارس با داده‌هـای هواشناسـی ایسـتگاهی و جهـانی مشـخص شـد بـارش سـالانه بیشترین همبستگی را با پهنای دوایر سالانه درختان دارد. به منظور درک بهتر ارتباط رشد درختان ارس و اقلـیم منـاطق مجاور سایت نمونه‌برداری، همبستگی حلقه‌های سالانه بـا بـارش سـالانه تـک تـک نقـاط شـبکه جهـانی در ایـران و کشورهای همسایه محاسبه شد و در نهایت نقشه ضریب همبستگی منطقه‌ای ترسـیم شـد کـه در شـکل ۳ نشـان داده شده است. بررسی این شکل نشان می‌دهد که پهنای دوایر سالانه درختان ارس منطقـه لایـن بـا بـارش سـالانه ناحیـه وسیعی شامل کشورهای واقع در شمال شرق ایران تا جنوب روسیه و تا بخش‌هایی از شمال غـرب چـین و همچنـین بخش‌هایی از شمال غرب ایران مثبت و معنادار است. برای درک بهتر تغییرات منطقـه‌ای بـارش، از میـانگین منطقـه‌ای شش نقطه واقع در شمال شرق ایران با همبستگی بیشتر که در شکل ۳ نشـان داده شـده اسـت اسـتفاده شـد؛ بنـابراین معادله نهایی بازسازی اقلیم بر اساس میانگین بارش سالانه نقاط مذکور واسنجی شد.



شکل ۳ نواحی دارای ضریب همبستگی معنی‌دار مثبت بارش سالانه با عرض حلقه‌های سالانه درختان ارس به همراه شبکه نقاط داده‌ها. نقاط با دایره سفید رنگ نشان دهنده نقاط منتخب بارش منطقه‌ای شمال شرق کشور.

واسنجی و ارزیابی معادله بازسازی

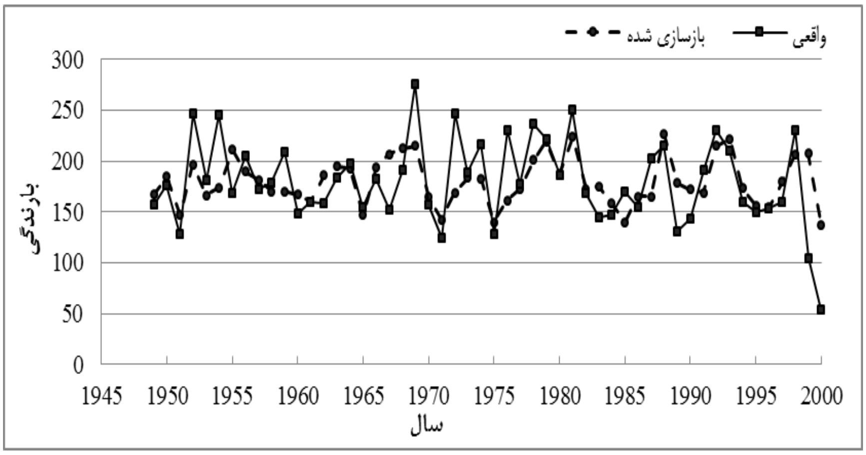
کلیه نتایج واسنجی و ارزیابی معادله بازسازی در جدول ۲ نشان داده شده است. ضرایب همبستگی در همه دوره‌های واسنجی و ارزیابی در سطح احتمال ٪۹۹ معنادار است. نتایج آزمون علامت نیز در همه دوره‌های ارزیابی معنادار است (٪۹۵ اطمینان) ونشان داد که معادله بازسازی به طور معناداری سال‌های تر و خشک را به درستی تشخیص می‌دهد. البته همبستگی اقلیم با رشد درختان در نیمه دوم دوره (۲۰۰۰–۱۹۷۵) نسبت به نیمه اول (۱۹۷٤–۱۹٤۹) کمی افزایش یافته است. همچنین آماره‌های *CE* و *RE* در هر دو دوره بیشتر از صفر بوده که قابل قبول می‌باشند. با توجه به نبود اختلاف معنی‌دار آماره دوربین واتسون (*DW*) از عدد ۲ در همه دوره‌ها، می‌توان از عدم وجود خود همبستگی مرتبه اول در باقیمانده‌های معادله رگرسیونی مطمئن بود. به علاوه مقدار ریشه میانگین مربعات خطا (*RMSE*) معادله بازسازی در همه دوره‌های ارزیابی از مقدار انحراف استاندارد بارش سالانه کل دوره آماری داده‌های واقعی (٤۱/۹) کمتر بوده که نشان دهنده خطای قابل قبول معادله بازسازی است. به طور کلی نتایج کلی جدول ۲ حاکی از قدرت خوب معادله بازسازی در بازسازی سال‌های تر و خشک است. نتایج ارزیابی متقاطع کل دوره آماری (۲۰۰۰–۱۹٤۹) نیز بسیار رضایت بخش بوده و در مجموع می‌توان گفت در حدود یک سوم از تغییرات پهنای دوایر سالانه درختان تحت تأثیر بارش سالانه منطقه است.

جدول ۲. نتایج واسنجی و ارزیابی معادله بازسازی در دوره‌های مختلف زمانی

دوره واسنجی	R	R^2	R^2_{adj}	دوره ارزیابی	ST	R	DW	RMSE	CE	RE
۱۹٤۹–۱۹۷٤	**۰/۵۰	۰/۲۵	۰/۲۲	۱۹۷۵–۲۰۰۰	*۲۲/٤	**۰/٦۸	۱/٦٤	۳۷/۱	۰/۳۳	۰/۳٦
۱۹۷۵–۲۰۰۰	**۰/٦٤	۰/٤۱	۰/۳۹	۱۹٤۹–۱۹۷٤	*۱۹/۷	**۰/۵۳	۲/۰۳	۳۳/۹	۰/۱٤	۰/۲۰
۱۹٤۹–۲۰۰۰ (کل دوره)	**۰/۵۹	۰/۳۵	۰/۳۳	۱۹٤۹–۲۰۰۰	*٤۰/۱۲	**۰/۵٦	۱/۸	۳۵/۸	---	---

(P<0.01)** (P<0.05)*

در شکل ٤ روند مقادیر واقعی و بازسازی شده بارش در دوره آماری داده‌های موجود داده‌های واقعی (۲۰۰۰–۱۹٤۹) ترسیم شده است. این شکل به خوبی روند تغییرات مشابه و همسوی داده‌های بازسازی شده و محاسبه شده این شاخص را نشان می‌دهد. معادله نهایی بازسازی با استفاده از میانگین بارش منطقه‌ای شمال شرق کشور در کل دوره (۲۰۰۰–۱۹٤۹) واسنجی شد سپس مقدار بارش سالانه در کل دوره آماری موجود پهنای دوایر سالانه درختان ارس (۲۰۰۰–۱۸٤۵) بازسازی گردید که در شکل ۵ نشان داده شده است.

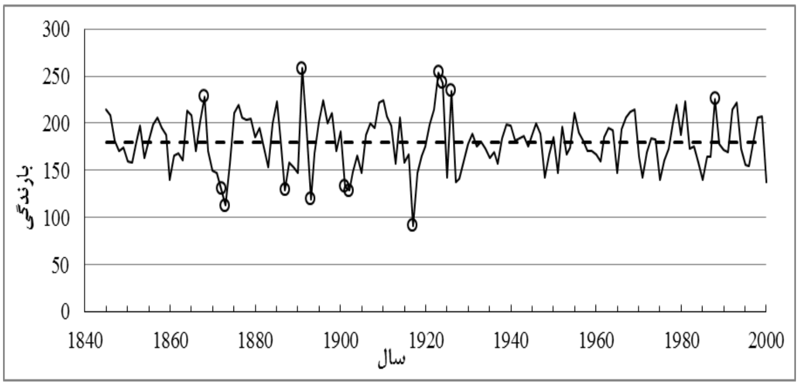


شکل ٤. مقادیر واقعی و بازسازی شده بارش در دوره آماری ۲۰۰۰–۱۹٤۹

به منظور تشخیص سال‌های نمادین[1] از شاخص Zscore استفاده شد و در سال‌هایی که مقدار این شاخص از ۱/٦٤± (حد ۹۵٪ و ۵٪ داده‌های نرمال استاندارد) بیشتر (کمتر) بود به‌عنوان سال نمادین مثبت (منفی) درنظر گرفته شد که این سال‌ها در شکل ۵ با دایره‌های توخالی مشخص شده‌اند. به طور کلی در دوره ۲۰۰۰–۱۸٤۵ این منطقه تعداد ۷ سال نمادین منفی بازسازی شد. کم بارش‌ترین سال در ۱۵۰ سال گذشته در سال ۱۹۱۷ رخ داده است و در دوره‌های ۱۸۷۳–۱۸۷۲ و ۱۹۰۲–۱۹۰۱ نیز دو دوره متوالی دو ساله بسیار خشک به وقوع پیوسته است؛ اما نتایج

1 Pointer Years

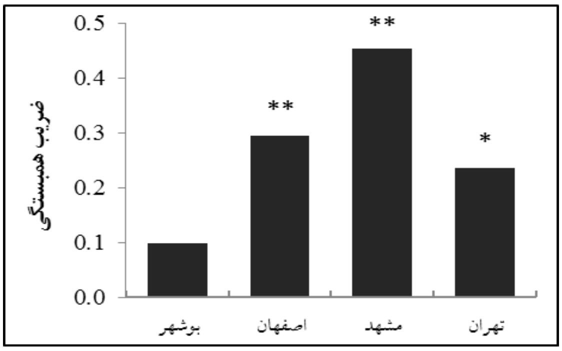
بازسازی پربارش ترین سال دوره بازسازی را در سال ۱۸۹۱ نشان داد و دوره ۱۹۲۶-۱۹۲۳ مرطوب‌ترین سال‌های متوالی منطقه است.



شکل ۵ سری زمانی بارش بازسازی شده در دوره زمانی ۲۰۰۰-۱۸٤۵. میانگین درازمدت بارش با خط چین نشان داده شده است. دایره‌های توخالی روی شکل معرف سال‌های نمادین هستند.

مقایسه داده‌های بازسازی شده با آمار بارش ایستگاه‌های درازمدت

نتایج بازسازی داده‌های بارش با آمار چهار ایستگاه درازمدت ۱۰۰ ساله در دوره ۲۰۰۰-۱۹۰۰ مقایسه شد. نتایج ضرایب همبستگی که در شکل ٦ نشان داده شده است، نشان می‌دهد که اولاً ضرایب همبستگی نتایج این تحقیق با ۳ ایستگاه درازمدت معنادار است که البته ایستگاه مشهد به دلیل نزدیکی به منطقه بیشترین همبستگی را با نتایج این تحقیق دارد. همچنین همبستگی بارش‌های بازسازی شده با داده‌های درازمدت ایستگاه بوشهر معنادار نیست که به دلیل دوری از منطقه و تفاوت در سیستم‌های تأثیر گذار بر دو منطقه، کاملاً منطقی بنظر می‌رسد؛ اما همبستگی نسبتاً خوب نتایج این تحقیق با داده‌های ثبت شده در ایستگاه اصفهان نشان دهنده این است که نتایج این تحقیق می‌تواند گذشته آب‌وهوایی بخش‌های مرکزی ایران را نیز تا حدودی زیادی نشان دهد.



شکل ٦. همبستگی داده‌های بارش بازسازی شده با بارش سالانه ایستگاه‌های درازمدت در دوره ۲۰۰۰-۱۹۰۲.

(P<0.01 : P<0.05 :*)**

به منظور اطمینان بیشتر، نتایج این تحقیق با گزارشات تاریخی قحطی‌ها و خشکسالی‌های ایران تطبیق داده شد که بعضی از سال‌های نمادین منفی بازسازی شده در این گزارشات مشاهده شد. بنا بر گزارش قلی مجد (۲۰۰۳: ۷۰) در مورد قحطی ۱۹۱۹–۱۹۱۷ در ایران، این نویسنده به نقل از پدر روحانی آل اف اسلتین در مشهد در ۲۱ دسامبر (آذر) ۱۹۱۷ پرداخته و از قحطی بسیار شدید، پنج برابر شدن قیمت گندم، مرگ و میر احشام و عدم وقوع برف و باران به مدت یک سال و نیم متوالی خبر داده است که نتایج این تحقیق نیز وقوع کمترین مقدار بارش در ۱۵۰ سال گذشته در این منطقه را در سال ۱۹۱۷ تأیید می‌کند. همچنین در بخش گزارش قحطی‌ها و خشکسالی‌های دائره‌المعارف مطالعات ایران[۱] (دی پلنهول[۲]، ۲۰۱۲) بنا بر گزارش ملویل[۳] (۱۹۸٤: ۱۳۲) سال‌های ۱۸۷۲–۱۸۷۰ و اوایل قرن بیستم ایران در قحطی بسر برده است که این دو دوره خشکسالی نیز به خوبی در شکل ۵ نشان داده شده‌اند.

مقایسه نتایج بازسازی با مطالعات انجام شده در کشورهای مجاور

به منظور ارزیابی نتایج این تحقیق، دوره‌های تر و خشک بازسازی شده با نتایج سایر محققین مورد مقایسه قرار گرفت. محققین کشورهای شرقی مانند شائو[٤] و همکاران (۲۰۰۵: ۹٤۵) سال ۱۹۱۷ را کم بارش‌ترین سال در ٤۰۰ سال گذشته معرفی کردند. بازسازی شاخص *PDSI* در قسمت شمالی مرکز چین توسط لی و همکاران (۲۰۰۷: ۹۰٦) عیناً شبیه نتایج این تحقیق سال‌های بسیار خشک ابتدای قرن بیستم و خشکسالی ۱۹۱۹–۱۹۱۵ و دهه ۱۹۸۰ را بازسازی کردند. فن و همکاران (۲۰۰۸: ۱۸۸٤) در بازسازی بارش‌های بهاری جنوب غربی فلات تبت نیز علاوه بر بازسازی خشکسالی شدید دو دهه اول قرن بیستم و اوایل دهه ۱۹۸۰، خشکسالی اوایل دهه ۱۸۷۰ را نیز به طور مشابه بازسازی نمودند. همچنین در مطالعه لئو[۵] و همکاران (۲۰۱۱: ۷۸) در جنوب تبت مرکزی، خشکسالی ۱۹۱۷ و اوایل دهه ۱۸۷۰ و ۱۹۸۰ را نیز شبیه به نتایج این تحقیق بازسازی نمودند. در مورد مطالعات انجام شده در غرب منطقه مورد مطالعه عزیزی و همکاران (۲۰۱۳: ۹۹) در بازسازی بارش در کوه‌های زاگرس مرکزی سال ۱۸۷۱ را به‌عنوان سال‌های بسیار خشک شناسایی کرده بودند. توخان و همکاران (۲۰۰۷: ۲۰۰) همانند نتایج این تحقیق خشکسالی‌های ۱۸۷٤–۱۸۷۳ و ۱۸۸۷ را در غرب آناتولی ترکیه بازسازی نمودند. همچنین سال بسیار خشک ۱۸۸۷ و بسیار مرطوب ۱۸۹۱ بازسازی شده در این تحقیق نیز قبلاً توسط کوسه و همکاران (۲۰۱۱: ٤٤۷) در ترکیه نیز بازسازی شدند. توخان و همکاران (۲۰۰۸: ۱۸۹۲) در بازسازی بارش شمال غرب تونس دهه بسیار خشک ۱۸۷۰ را بازسازی کردند.

1 IRANICA
2 De Planhol
3 Melville
4 Shao
5 Liu

۵. نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور بازسازی بارش در شمال شرق کشور، از گاهشناسی درختان ارس در منطقه لاین استفاده شد. بررسی ارتباط پهنای دوایر سالانه این درختان با داده‌های دما و بارش ایستگاهی و جهانی نشان داد که دمای ماه‌های دسامبر قبل و می دوره رشد به ترتیب تأثیر معنادار مثبت و منفی بر رشد درختان ارس دارند؛ اما در مقابل داده‌های بارش در کل دوره رشد تأثیر مثبت بر رشد درختان دارند که تأثیر ماه‌های ابتدایی معنادارتر است. همچنین معنادارترین ضریب همبستگی مربوط به بارش سالانه بود. با توجه به نیمه خشک بودن منطقه و ارتباط بهتر رشد درختان با پارامترهای رطوبتی به بازسازی بارش سالانه پرداخته شد. از طرفی به منظور بازسازی بارش در بخش وسیعتر، از میانگین شش نقطه از شبکه جهانی داده‌ها در شمال شرق کشور به‌عنوان میانگین منطقه‌ای بارش شمال شرق کشور استفاده شد. نتایج واسنجی و شاخص‌های ارزیابی معادله بازسازی بسیار رضایت بخش بوده و با اطمینان می‌توان گفت بیش از یک سوم تغییرات بارش منطقه از روی حلقه‌های درختان قابل بازسازی است. نتایج بازسازی نشان داد که اوایل دهه ۱۸۷۰، سال‌های ابتدایی قرن بیستم، دوره ۱۹۱۹-۱۹۱۵ و همچنین اواسط دهه ۱۹۸۰ خشکسالی‌های بسیار شدید در منطقه به وقوع پیوسته است. همبستگی بسیار معنادار نتایج بازسازی با آمار صد ساله ایستگاه‌های درازمدت مخصوصاً تهران و اصفهان نشان دهنده توان بالای گاهشناسی به دست آمده برای بازسازی مناسب شرایط تاریخی بارش در دشت‌های مرکزی کشور است. همچنین تطابق خوب نتایج تحقیق با گزارشات تاریخی قحطی‌ها بر اعتماد ما به داده‌های بازسازی شده می‌افزاید. به نظر می‌رسد سال‌های بسیار خشک بازسازی شده در این تحقیق با نتایج محققین در شرق منطقه (غرب و شمال غرب چین) تطابق بیشتری نسبت به مطالعات انجام شده در غرب (ترکیه و خاورمیانه) دارد. نتایج خشکسالی‌های شدید بازسازی شده در این منطقه علاوه بر ارتباط خشکسالی‌های تاریخی شمال شرق کشور با دیگر بخش‌های ایران می‌تواند حلقه مفقود تحقیقات اقلیم شناسی درختی انجام شده در غرب (بخش شرقی ترکیه) و شرق منطقه (کشورهای واقع در اوراسیا و چین) باشد. با توجه به پتانسیل بسیار بالای درختان ارس این منطقه در بازسازی اقلیم گذشته توصیه می‌شود در آینده به افزایش طول گاهشناسی منطقه پرداخته شود.

کتابنامه

ارسلانی، محسن؛ عزیزی، قاسم؛ خوش اخلاق، فرامرز؛ ۱۳۹۱. بازسازی تغییرات دمای حداکثر استان کرمانشاه با استفاده از حلقه‌های درختی. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱(۱): ۱۱۰-۹۷.

بالاپور، شمس‌الدین؛ جلیلوند، حمید؛ رائینی، محمود؛ اسدپور، حمیده؛ ۱۳۸۹. رابطه حلقه‌های رویشی راش با برخی از متغیرهای اقلیمی در جنگل آموزشی-پژوهشی دانشکده منابع طبیعی ساری (دارابکلا). پژوهش‌های آبخیزداری. ۸۸: ۱۰-۱.

پورطهماسی، کـامبیز؛ پورسـرتیپ، لادن؛ براونینـگ، آخـیم؛ پارسـاپژوه، داوود؛ ۱۳۸۸. ارزیـابی رویـش شـعاعی درختـان ارس (*Juniperus plycarpos*) و اوری (*Quercus macranthera*) در دو دامنـه شـمال و جنـوب البـرز در منطقـه چهارباغ گرگان. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ٦٢(۲): ۱٦۹-۱٥۹.

عزیزی، قاسم؛ ارسلانی، محسن؛ ارسلانی، عزت اله؛ صفایی راد، رضا؛ ۱۳۹۱. بازسـازی دمـای بیشـینه بهـار- تابسـتان در یـال غربی زاگرس میانی با استفاده از یک گاه‌شناسی منطقه‌ای (۲۰۱۰-۱۷٥۰). جغرافیا و مخاطرات محیطی.۱(٤): ٥۱-٦٤.

نادی، مهدی؛ بذرافشان، جواد؛ پورطهماسی، کامبیز؛ نجفی هرسینی، فاطمغ ۱۳۹٤. رابطه بین پهنای حلقه‌هـای سـالانه درختـان بلوط و شاخص‌های اقلیمی (منطقه‌ای و جهانی) در منطقه جوانرود کرمانشـاه. نشـریه پـژوهش‌هـای حفاظـت آب و خـاک. ۲۲(۳): ۷۱-٥۷.

نادی، مهدی؛ خلیلی، علی؛ پورطهماسی، کامبیز؛ بذرافشان، جواد؛ ۱۳۹۲. مقایسـه تکنیـک‌هـای مختلـف پهنـه بنـدی داده‌هـای اقلیمی برای تعیین مهم‌ترین عامل‌های مؤثر بر رشد درختان ناحیه مرتفـع چهاربـاغ گرگـان. نشـریه جنگـل و فـرآورده‌هـای چوب. ٦٦ (۱): ۹٥-۸۳ .

نجفی هرسینی، فاطمه؛ پورطهماسـی، کـامبیز؛ کریمـی، علـی نقـی؛ ۱۳۹۱. ارزیـابی رویـش شـعاعی گونـه مـازو *Quercus infectoria* در جنگل‌های بلوط کرمانشاه با استفاده از دانش گاهشناسی درختی. نشریه جنگل و فـرآورده‌هـای چـوب. ٦٥ (۱): ۱۲۹-۱۱۹ .

Arsalani, M., Azizi, G., & Khoshakhlagh, F., 2012. Reconstruction of maximum temperature variations in Kermanshah province using tree rings. *Geography and environmental hazards, 1*(1), 97-110.

Arsalani, M., Azizi, Gh., & Bräuning, A., 2014. Dendroclimatic reconstruction of May–June maximum temperatures in the central Zagros Mountains, western Iran. *Int. J. Climatol*, DOI: 10.1002/joc.3988.

Azizi, G., Arsalani, M., Arsalani, E., & Safai rad, R., 2013. Reconstruction of Spring-Summer Maximum Temperatures Based on a Regional Chronology (1750-2010) in the Western Ridge of Central Zagros, Iran. *Geography and environmental hazards*, *1*(4), 51-64.

Azizi, Gh., Arsalani, M., & Bräuning, A., Moghimi, E., 2013. Precipitation variations in the central Zagros Mountains (Iran) since A.D. 1840 based on oak tree rings. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 386, 96-103.

Balapour, S.h., Jalilvand, H., Raeini, M., & Asadpour, H., 2010. Relationship between tree rings of Beech (Fagus orientalis) with some climatic variables in experimental forest of Natural Resources Faculty (Darabcola). *Watershed Management Research*, 88, 1-10.

Bräuning, A., Grießinger, J., 2006. Late Holocene variations in monsoon intensity in the Tibetan-Himalayan region–Evidence from tree rings. *Journal of the Geological Science of India*, 68(3), 485–493.

Buckley, B.M., Palakit, K., Duangsathaporn, K et al., 2007. Decadal scale droughts over northwestern Thailand over the past 448 years: Links to the tropical pacific and Indian Ocean sectors. *Climate Dynamics*, 29, 63–71.

Büntgen, U., Esper, J., Frank, D.C., Nicolussi, K., & Schmidhalter, M., 2005. A 1052-year tree-ring proxy for Alpine summer temperatures. *Climate Dynamics*, 25, 141–153.

Büntgen, U., Tegel, W., Nicolussi, K., McCormick, M., Frank, D., et al., 2011. 2500 Years of European Climate Variability and Human Susceptibility. *Science*, 331, 578-582.

Cook, E.R., & Kairiukstis, L.A., 1990. Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Press.

Cook, E.R., Anchukaitis, K., Buckley, B., D'Arrigo, R., Jacoby, G., & Wright, W., 2010. Asian monsoon failure and megadrought during the last millennium. *Science*, 328, 486–489.

Coppola, A., Leonelli, G., Salvatore, M.C., Pelfini, M., & Baroni, C., 2013. Tree-ring–based summer mean temperature variations in the Adamello–Presanella Group (Italian Central Alps) 1610–2008 AD. *Climate of the Past*, 9, 211-221.

De Planhol, X. Famines. In: Encyclopædia Iranica, IX/2, p. 203-206. An updated version is available online at http://www.iranicaonline.org/articles/famines (accessed on 24 January 2012.

Dobrovolný, P., Rybnícek, M., Kolár, T., Brázdil, R., Trnka, M., & Büntgen, U., 2015. A tree-ring perspective on temporal changes in the frequency and intensity of hydroclimatic extremes in the territory of the Czech Republic since 761 AD. *Climate of the Past*, 11, 1453–1466.

Esper, J., 2000. Long-term tree-ring variations in Juniperus at the upper timberline in the Karakorum (Pakistan). *The Holocene*, 10(2), 153–260.

Fan, Z.X., Brauning, A., & Cao, K.F., 2008. Tree-ring based drought reconstruction in the central Hengduan Mountains region (China) since A.D. 1655. *Int. J. Climatol*, 28, 1879 –1887.

Fritts, H.C., 1976. Tree Rings and Climate. London: Academic Press.

Gholi Majd, M., 2003. The Great Famine and Genocide in Persia, 1917-1919. Lanham, MD: University Press of America.

He, M., Yang, B., Bräuning, A., Wang, J., & Wang, Z., 2013. Tree-ring-derived millennial precipitation record for the southern Tibetan Plateau and its possible driving mechanism. *The Holocene*, 23(1), 36–45.

Heinrich, I., Touchan, R., Linan, I.D., Vos, H., & Helle, G., 2013. Winter-to-spring temperature dynamics in Turkey derived from tree rings since AD 1125. *Climate Dynamic*, 41, 1685–1701.

Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H.N., & Özeren, M.S., 2011.Tree-ring reconstructions of May–June precipitation for western Anatolia. *Quaternary Research*, 75, 438-450.

Levanič, T., Popa, I., Poljanšek, S., & Nechita, C., 2013. A 323-year long reconstruction of drought for SW Romania based on black pine (Pinus Nigra) tree-ring widths. *Int J Biometeorol*, 57, 703–714.

Li, J., Chen, F., Cook, E.R., Gou, X., & Zhang, Y., 2007. Drought reconstruction for north central China from tree rings: the value of the Palmer drought severity index. *Int. J. Climatol*, 27, 903 – 909.

Li, J.B., Gou, X.H., Cook, E.R et al., 2006. Tree-ring based drought reconstruction for the central Tien Shan area in Northwestern China. *Geophysical Research Letters*, 33, L07715.

Liu, J., Yang, B., & Qin, C., 2011. Tree-ring based annual precipitation reconstruction since AD 1480 in south central Tibet. *Quaternary International*, 236(1-2), 75-81.

Melville, C., 1984. Meteorological Hazards and Disasters in Iran: A Preliminary Survey to 1950. *Iran*, 22, 113-150.

Nadi, M., Bazrafshan, J., Pourtahmasi, K., & Bräuning, A., 2016. Tree-Ring Based Reconstruction of the Joint Deficit Index in Javan-Roud Region, Kermanshah (Iran). *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.4715.

Nadi, M., Bazrafshan, J., Pourtahmasi, K., & Najafi Harsini, F., 2015. Relationship between oak's tree-ring width and climatic indices (in regional and global scales) in Javanroud region, Kermanshah. *Journal of water and soil conservation Research*, 22(3), 57-71.

Nadi, M., Khalili, A., Pourtahmasi, K., & Bazrafshan, J., 2013. Comparison of various interpolation techniques of climatic data for determining the most important factors affecting the trees growth at the elevated areas of Chaharbagh, Gorgan. *Journal of Forest and Wood Products*, 66(1), 83-95.

Najafi Harsini, F., Pourtahmasi, K., & Karimi, A.N., 2012. Dendrochronological investigation of radial growth of Quercus infectoria in Kermanshah Oak Forests. *Journal of Forest and Wood Products*, 65(1), 119-129.

Oberhuber, W., & Kofler, W., 2000. Topographic influences on radial growth of Scots pine (Pinus sylvestris L.) at small spatial scales. *Plant Ecology*, 146, 231–240.

Pourtahmasi, K., Parsapjouh, D., Bräuning, A., Esper, J., & Schweingruber, F.H., 2007. Climatic analysis of pointer years in tree-ring chronologies from northern Iran and neighbouring high mountain areas. *Geoöko*, 28, 27-42.

Pourtahmasi, K., Poursartip L., Bräuning, A., & Parsapjouh, D., 2009. Comparison between the radial growth of juniper (Juniperus polycarpus) and oak (Quercus macrantera) trees in two sides of the Alborz Mountains in Chaharbagh region of Gorgan. *Journal of Forest and Wood Products*, 62(2), 159-169.

Rahimi, J. Ebrahimpour, M. & Khalili, A., 2013. Spatial changes of Extended De Martonne climatic zones affected by climate change in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 112(3-4), 409-418.

Schweingruber, F.H., 1988. Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Press.

Seftigen, K., Linderholm, H.W., Drobyshev, I., & Niklasson, M., 2013. Reconstructed drought variability in southeastern Sweden since the 1650s. *International Journal of Climatology*, 33(11), 2449–2458.

Shao, X., Huang, L., Liu, H., Liang, E., Fang, X., & Wang, L., 2005. Reconstruction of precipitation variation from tree rings in recent 1000 years in Delingha, Qinghai. *Science in China Ser. D Earth Sciences*, 48(7), 939–949.

Sheppard, P., Tarasov, P., Graumlich L et al., 2004. Annual precipitation since 515 BC reconstructed from living and fossil juniper growth of Northeast Qinghai Province, China. *Climate Dynamics*, 23, 869–881.

Tian, Q.H., Gou, X.H., Zhang, Y. et al., 2007. Tree-ring based drought reconstruction (A.D. 1*855–2001) for the Qilian Mountains, northwestern China.* Tree-ring Research, 63(1), 27–36.

Touchan, R., Akkemik, Ü., Hughes, M.K., & Erkan, N., 2007. May–June precipitation reconstruction of southwestern Anatolia, Turkey during the last 900 years from tree rings. *Quaternary Research*, 68, 196–202.

Touchan, R., Funkhouser, G., Hughes, M., & Erkan, N., 2005. Standardized precipitation index reconstructed from Turkish Tree-ring widths. *Climatic change*, 72, 339-353.

Touchan, R., Meko, D., & Hughes, M.K., 1999. A 396-year reconstruction of precipitation in southern Jordan. *Journal of the American Water Resources Association*, 35, 49–59.

Touchan, R., Meko, D.M., & Aloui, A., 2008. Precipitation reconstruction for Northwestern Tunisia from tree rings. *Journal of Arid Environments*. 72, 1887–1896.

Yang, B., Bräuning, A., Liu, J.J. et al., 2009. Temperature changes over Tibetan Plateau during the past 600 years inferred from ice cores and tree rings. *Global and Planetary Change*, 69, 71–78.

Yang, B., Qin, C., Wang, J., He, M., Melvin, T.M., Osborn, T.J. Briffa, K.R., 2014. A 3,500-year tree-ring record of annual precipitation on the northeastern Tibetan Plateau. *PNAS*, 111(8), 2903–2908.